

542,570

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. August 2004 (05.08.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/065885 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F28F 27/00, 19/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/000464

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Januar 2004 (21.01.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 02 156.6 21. Januar 2003 (21.01.2003) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GRIEB, Herbert
[DE/DE]; Maronenweg 4, 76316 Malsch (DE). LOHF,
Astrid [DE/DE]; Lindenplatz 11, 76185 Karlsruhe (DE).(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR DIAGNOSING OBSTRUCTIONS IN CHANNELS OF A MICRO HEAT
EXCHANGER(54) Bezeichnung: ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR DIAGNOSE VON VERSTOPFUNGEN IN KANÄLEN EINES MI-
KROWÄRMEÜBERTRAGERS(57) Abstract: In order to diagnose obstructions in channels (8) of a micro heat exchanger (1), at least one temperature sensor (9) is
externally placed on the micro heat exchanger (1) and an evaluating device (10) is connected to this sensor. Said evaluating device
diagnoses an obstruction based on changes in the measured temperature in the event of unchanged entry parameters of the fluids (4,
7) involved in the heat exchange.(57) Zusammenfassung: Zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertragers (1) ist außen an dem Mi-
krowärmeübertrager (1) mindestens ein Temperatursensor (9) angeordnet und daran eine Auswerteeinrichtung (10) angeschlossen,
die aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteilig-
ten Fluide (4, 7) eine Verstopfung diagnostiziert.

WO 2004/065885 A1

Beschreibung

Anordnung und Verfahren zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers

5

Es ist bekannt, dass Ablagerungen (sog. Fouling) in Wärmeübertragern (Wärmetauschern) die Effektivität des Wärmeübergangs zwischen den am Wärmeaustausch beteiligten Fluiden stören. In Mikrowärmeübertragern mit Mikrokanälen, deren Durchmesser < 1 mm ist, sind die gleichen Effekte zu beobachten, nur dass diese dort zur Blockade einzelner oder aller Mikrokanäle führen. Berücksichtigt man, dass Mikroreaktoren insbesondere auch für extrem exotherme Reaktionen, explosive Gemische oder toxische Chemikalien eingesetzt werden, so wird verständlich, dass frühzeitig erkannt werden muss, ob eine sichere Temperierung aufgrund der Verstopfung von Wärmeübertragern, die unter anderem als Verweilzeitstrecken genutzt werden, nicht mehr gewährleistet werden kann. Zur Durchsatz-erhöhung sind in Mikrowärmeübertragern häufig Mikrokanäle parallel geschaltet. Eine Gleichverteilung der Fluide auf diese Mikrokanäle wird durch deren relativ hohen Strömungswiderstand erreicht. Werden nun einzelne Mikrokanäle blockiert, so sinkt die Wärmeübertragungsfläche und damit die Effizienz der Wärmeübertragung. Die Effizienz berechnet sich aus den Kapazitätsströmen (Massenstrom x spezifische Wärmekapazität) der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide sowie deren Temperaturen bei Ein- und Austritt in bzw. aus dem Wärmetauscher. Die Fluidtemperaturen lassen sich jedoch nicht direkt in den Mikrokanälen erfassen, da die derzeit verfügbaren Temperaturfühler so groß sind, dass sie zumindest einen großen Teil des Kanalquerschnitts blockieren würden und dass schon bei geringem Kontakt mit der Kanalwand eine Verfälschung aufgrund von Wärmeleitung zu rechnen ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine einfache Diagnose von Verstopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers zu ermöglichen.

Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe durch die in Anspruch 1 angegebene Anordnung zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers gelöst, wobei außen an dem Mikrowärmeübertrager mindestens ein Temperatursensor angeordnet ist, und daran eine Auswerteeinrichtung angeschlossen ist, die aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide eine Verstopfung diagnostiziert. Ferner wird die Aufgabe durch ein entsprechendes in Anspruch 4 angegebenes Verfahren gelöst.

Die axiale Wärmeleitung in der Kanalwand spielt bei Mikrowärmeübertragern im Gegensatz zu konventionellen Wärmeübertragern eine große Rolle, da das Verhältnis von Wandquerschnittsfläche zu Kanalquerschnittsfläche stark erhöht ist. Die Folge sind besonders bei gut wärmeleitenden Materialien stark geminderte Effizienzen gegenüber konventionellen Wärmeübertragern. Im Bereich kleiner NTUs (Number of Transfer Units), d. h. für kleine Verhältnisse des Produkts aus Wärmeübertragungsfläche und Wärmeübertragungskoeffizient zum Wärmekapazitätsstrom sinkt die Effizienz mit fallender NTU, während sie im Bereich großer NTUs konstant bleibt. In den Mikrokanälen herrscht immer eine laminar-schleichende Strömung, so dass der Wärmeübergangskoeffizient unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit ist. Verstopfen nun einige Mikrokanäle, so erhöht sich zwar in den anderen Kanälen die Strömungsgeschwindigkeit; der Wärmeübertragungskoeffizient bleibt aber konstant und die übertragene Wärmemenge sinkt aufgrund der verminderten Wärmeübertragungsfläche ab. Da der Wärmekapazitätsstrom konstant bleibt, sinkt die Effizienz.

Die Erfindung nutzt nun die Tatsache, dass aufgrund der hohen Wärmeleitung die Temperatur der Mikrowärmeübertragerwand bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide, das heißt bei konstanten Massenströmen und konstanten Fluideingangstemperaturen, und bei ausreichend kleinen NTU (etwa > 5) ein Maß für die Effizienz des Wärme-

- übertragers ist. Gleichzeitig ist die Temperatur, ebenfalls aufgrund der hohen Wärmeleitung in der Wand, in Mikrowärmeübertragern relativ homogen, so dass anhand der Temperatur des Mikrowärmeübertragers auf die Effizienz zurückgeschlossen werden kann, die sich wiederum wesentlich einfacher erfassen lässt, da die Montage des Temperatursensors außen an dem Mikrowärmeübertrager unproblematisch ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Temperatursensor nicht mit den Fluiden in Berührung kommt, so dass nicht auf die chemische Beständigkeit oder die katalytische Wirkung des Temperatursensors geachtet werden muss. Bei sehr großen Mikrowärmeübertragern, kann die Temperaturmessung mit mehreren Temperatursensoren an mehreren Stellen erfolgen.
- Bei einer alternativen Anordnung zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen eines Mikrowärmeübertragers werden die Verstopfungen nicht aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur diagnostiziert; statt dessen ist an dem Temperatursensor eine Regeleinrichtung angeschlossen, die den Massenstrom eines der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide im Sinne einer Konstanthaltung der gemessenen Temperatur regelt, wobei aufgrund von Änderungen des Massenstroms eine Verstopfung diagnostiziert wird.
- Wird der Mikrowärmeübertrager als Verweiler für chemische Reaktionen verwendet, so muss zusätzlich die zu- oder abzuführende Reaktionswärme berücksichtigt werden, was durch eine aufwendigere Auswertung (Fuzzy, neuronale Netze) erfolgen kann.
- Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird im Folgenden auf die Figuren der Zeichnung Bezug genommen, im Einzelnen zeigen
- Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel und
- Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mikrowärmeübertragers.

Figur 1 zeigt einen Mikrowärmeübertrager 1 mit einer Zuleitung 2 und einer Ableitung 3 für ein zu kühlendes Fluid 4 und einer Zuleitung 5 und einer Ableitung 6 für ein Kühlfluid 7. Innerhalb des Mikrowärmeübertragers 1 sind zwischen den Zu- und Ableitungen 2 und 3 bzw. 5 und 6 jeweils parallele Mikrokanäle 8 mit einem Kanaldurchmesser < 1 mm ausgebildet. Außen an dem Wärmeübertrager 1 ist ein Temperatursensor 9 angeordnet, der die Temperatur an der Mikrowärmeübertragerwand misst und an einer Auswerteeinrichtung 10 angeschlossen ist. Diese detektiert eine Verringerung der Effizienz des Wärmeübertragers 1, wenn sich die gemessene Temperatur bei konstanten Massenströmen und konstanten Fluideingangstemperaturen ändert.

Das in Figur 2 gezeigte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mikrowärmeübertragers unterscheidet sich von dem nach Figur 1 dadurch, dass anstelle der Auswerteeinrichtung 10 eine Regeleinrichtung 11 vorgesehen ist, die über ein Stellglied 12 den Massenstrom des Kühlfluids 7 im Sinne einer Konstanthaltung der mit dem Temperatursensor 8 gemessenen Temperatur des Mikrowärmeübertragers 1 regelt.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertragers (1) mit mindestens einem außen an dem Mikrowärmeübertrager (1) angeordneten Temperatursensor (9) und einer daran angeschlossenen Auswerteeinrichtung (10), die aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide (4, 7) eine Verstopfung diagnostiziert.
2. Anordnung zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertrager (1) mit mindestens einem außen an dem Mikrowärmeübertrager (1) angeordneten Temperatursensor (9) und einer daran angeschlossenen Regeleinrichtung (11), die den Massenstrom eines der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide (4, 7) im Sinne einer Konstanthaltung der gemessenen Temperatur regelt und aufgrund von Änderungen des Massenstroms eine Verstopfung diagnostiziert.
3. Verfahren zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertragers (1), wobei außen an mindestens einer Stelle des Mikrowärmeübertrager (1) dessen Temperatur gemessen wird und aufgrund von Änderungen der gemessenen Temperatur bei unveränderten Eintrittsparametern der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide (4, 7) eine Verstopfung diagnostiziert wird.
4. Verfahren zur Diagnose von Verstopfungen in Kanälen (8) eines Mikrowärmeübertragers (1), wobei außen an mindestens einer Stelle des Mikrowärmeübertragers (1) dessen Temperatur gemessen wird und der Massenstrom eines der am Wärmeaustausch beteiligten Fluide (4, 7) im Sinne einer Konstanthaltung der gemessenen Temperatur geregelt wird, wobei aufgrund von Änderungen des Massenstroms eine Verstopfung diagnostiziert wird.

FIG 1

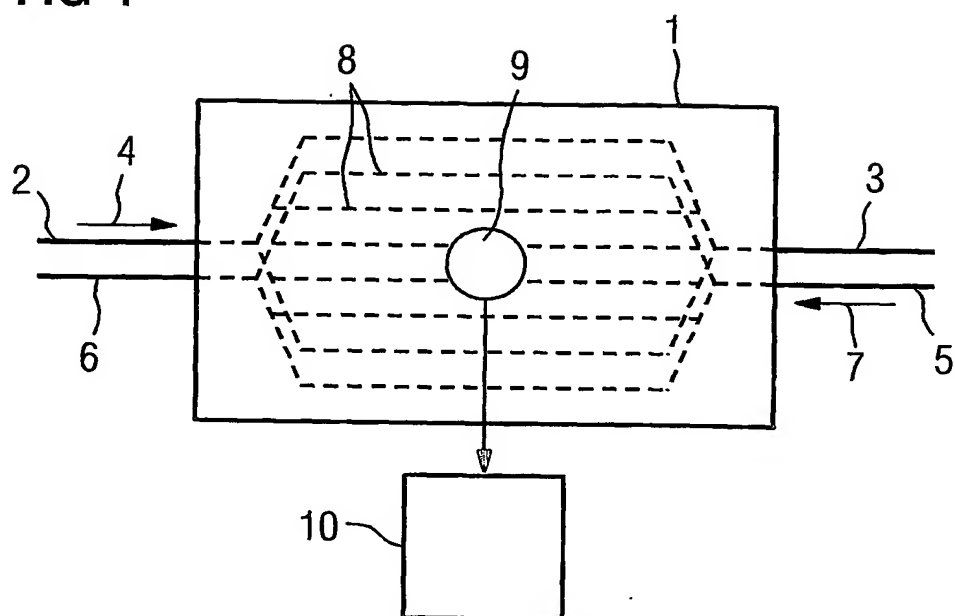
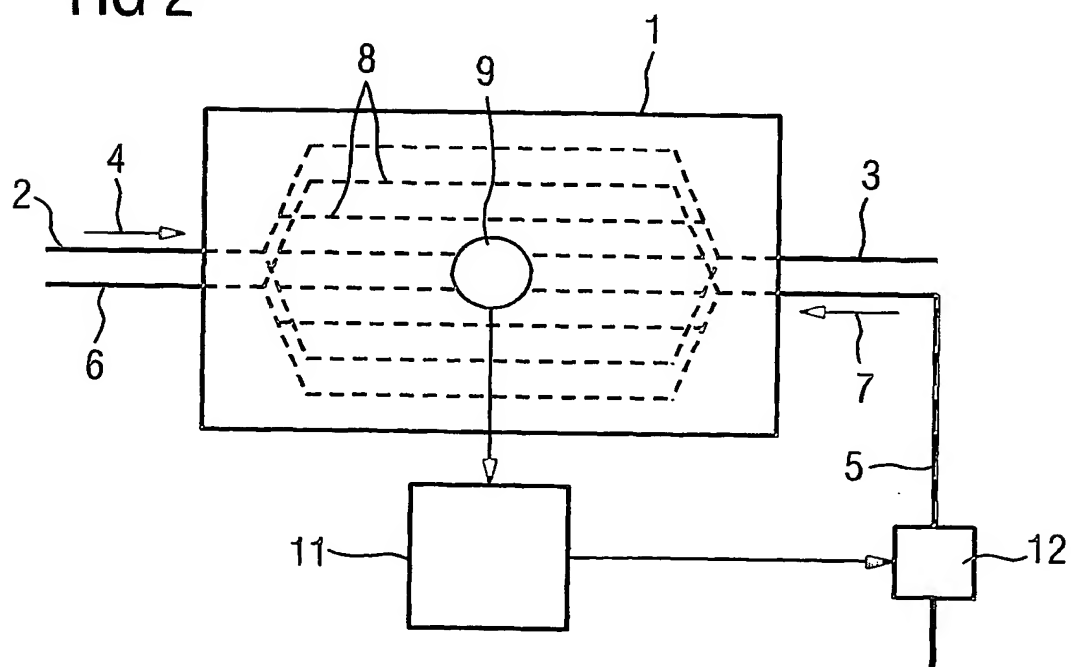


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/000464

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F28F27/00 F28F19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F28F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 155 826 A (BABCOCK & WILCOX CO) 25 September 1985 (1985-09-25) the whole document	1-4
X	US 5 615 733 A (YANG MING-CHIA) 1 April 1997 (1997-04-01) the whole document	1-4
A	EP 1 123 734 A (CELLULAR PROCESS CHEMISTRY INC) 16 August 2001 (2001-08-16) the whole document	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

*** Special categories of cited documents:**

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

29 June 2004

Date of mailing of the international search report

06/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bain, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/000464

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0155826	A	25-09-1985	AU 565509 B2 17-09-1987
		AU 3976485 A	26-09-1985
		BR 8500511 A	03-12-1985
		CA 1220274 A1	07-04-1987
		DE 3580929 D1	31-01-1991
		EP 0155826 A2	25-09-1985
		ES 8603051 A1	16-03-1986
		HK 31291 A	03-05-1991
		IN 161899 A1	20-02-1988
		JP 60207900 A	19-10-1985
		KR 8901890 B1	30-05-1989
		KR 8901936 B1	31-05-1989
		MX 162084 A	25-03-1991
		US 4766553 A	23-08-1988
US 5615733	A	01-04-1997	NONE
EP 1123734	A	16-08-2001	US 6537506 B1 25-03-2003
			EP 1123734 A2 16-08-2001
			US 2003223909 A1 04-12-2003
			US 2002106311 A1 08-08-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/000464

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F28F27/00 F28F19/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F28F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 155 826 A (BABCOCK & WILCOX CO) 25. September 1985 (1985-09-25) das ganze Dokument	1-4
X	US 5 615 733 A (YANG MING-CHIA) 1. April 1997 (1997-04-01) das ganze Dokument	1-4
A	EP 1 123 734 A (CELLULAR PROCESS CHEMISTRY INC) 16. August 2001 (2001-08-16) das ganze Dokument	1-4

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. Juni 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

06/07/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bain, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/000464

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0155826	A	25-09-1985	AU 565509 B2 17-09-1987
			AU 3976485 A 26-09-1985
			BR 8500511 A 03-12-1985
			CA 1220274 A1 07-04-1987
			DE 3580929 D1 31-01-1991
			EP 0155826 A2 25-09-1985
			ES 8603051 A1 16-03-1986
			HK 31291 A 03-05-1991
			IN 161899 A1 20-02-1988
			JP 60207900 A 19-10-1985
			KR 8901890 B1 30-05-1989
			KR 8901936 B1 31-05-1989
			MX 162084 A 25-03-1991
			US 4766553 A 23-08-1988
US 5615733	A	01-04-1997	KEINE
EP 1123734	A	16-08-2001	US 6537506 B1 25-03-2003
			EP 1123734 A2 16-08-2001
			US 2003223909 A1 04-12-2003
			US 2002106311 A1 08-08-2002